



Développement des aptitudes physiques en cyclisme :

Présentation de méthode et de séances d'entraînement

Les déterminants physiologiques

cardio-vasculaires

énergétiques

musculaires

nerveux

endocriniens

METABOLISME ENERGETIQUE

Ensemble des **actions de transformation** qu'effectue l'organisme, aboutissant à la **libération d'énergie** ou à l'élaboration de substances diverses. On distingue l'anabolisme (métabolisme de fabrication) du catabolisme (métabolisme de dégradation).

L'énergie est fournie à partir de différents **substrats énergétiques** métabolisés en ATP.



ENERGIE ET EXERCICE

Glucides

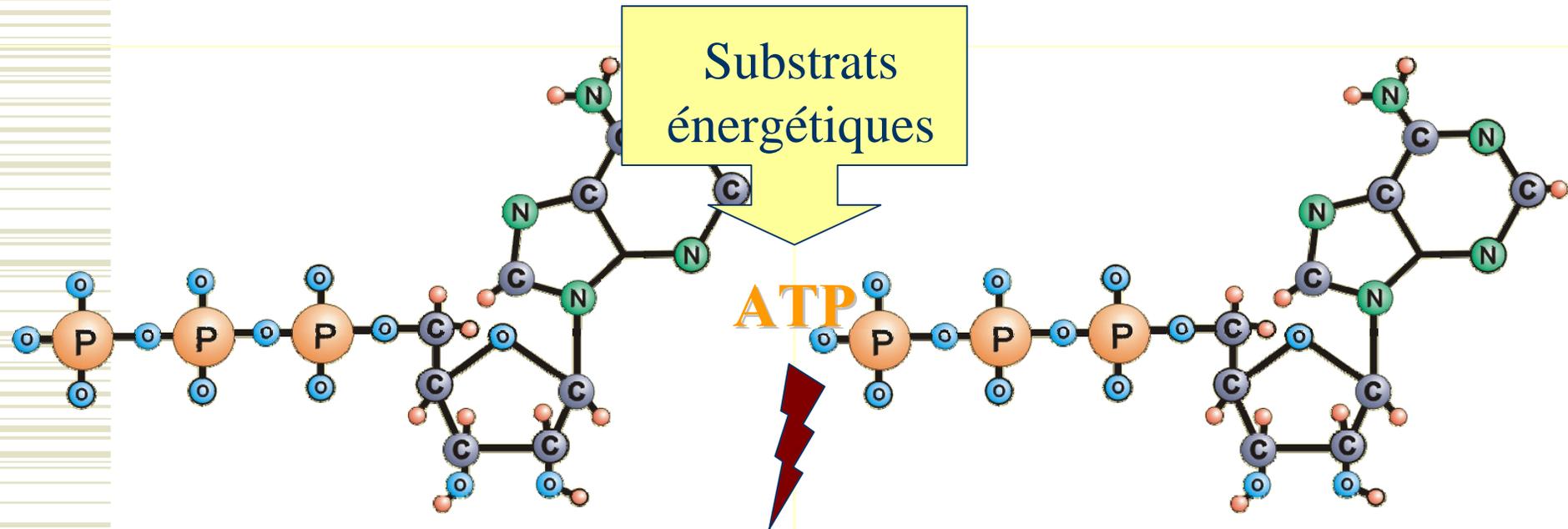
Lipides

Protéines

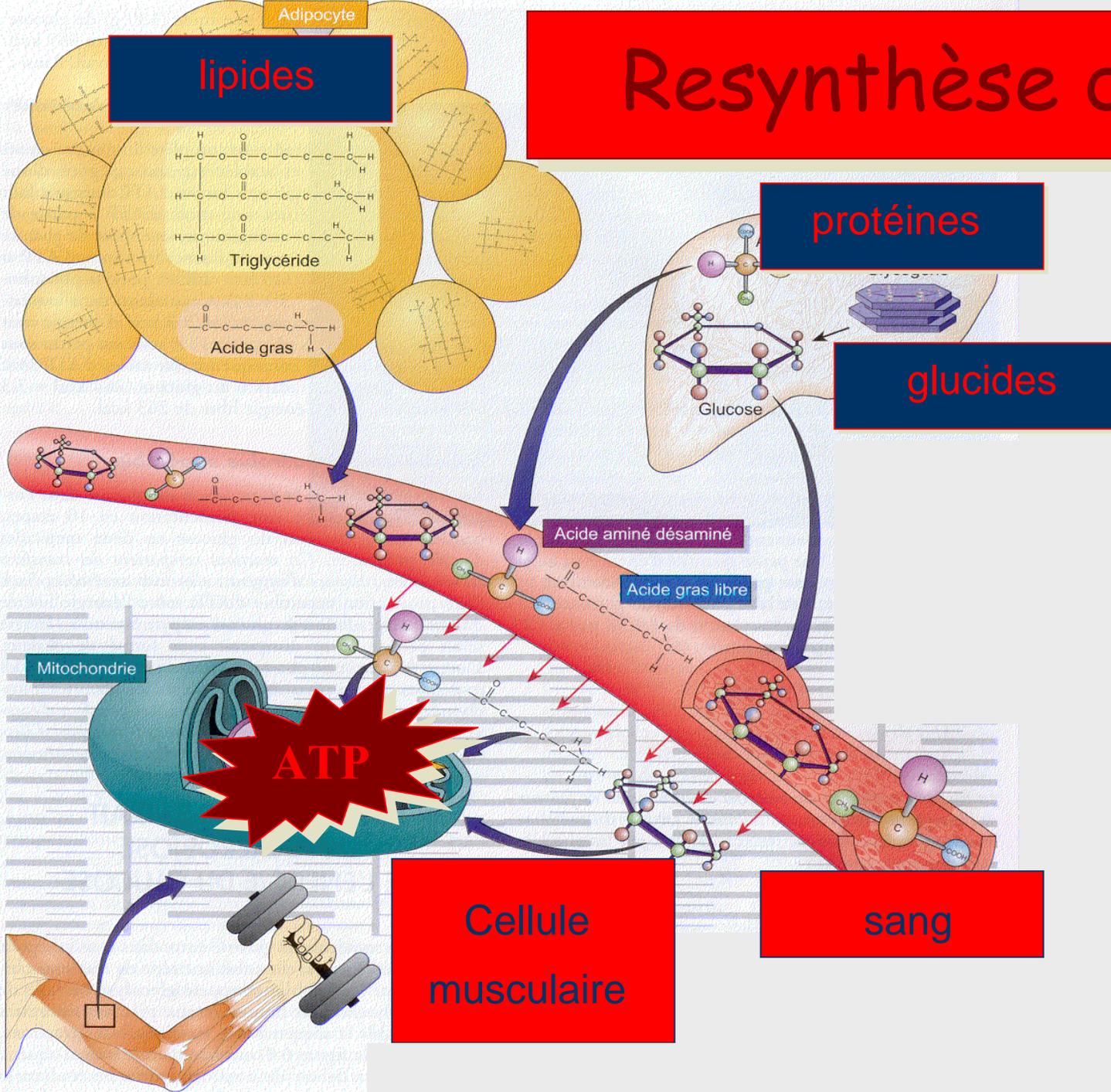
Substrats
énergétiques

ATP

ENERGIE



Resynthèse de l'ATP



Les différents substrats énergétiques

⇒ ATP	}	intramusculaires	76 g	5 kJ
PCr			87 g	17 kJ
⇒ GLUCIDES	➤ Glycogène	↳ musculaire	0,400 kg	4252 kJ
		↳ hépatique	0,060 kg	638 kJ
	➤ Glucose circulant		16 g	260 kJ
	➤ Lactate			
⇒ LIPIDES	➤ Triglycérides	↳ muscle		
		↳ tissu adipeux	12 kg	446500 kJ
	➤ Acides gras circulants			
⇒ PROTEINES				

Les voies métaboliques

- ✓ Anaérobie alactique : ATP et PCr
- ✓ Anaérobie lactique : Glycolyse lactique
- ✓ Aérobie : glycolyse aérobie

Chacun de ces trois métabolismes énergétiques peut être caractérisé par son inertie (délai d'intervention), sa puissance maximale et sa capacité

Sources de production de l'énergie

Métabolisme	Anaérobie alactique	Anaérobie lactique	Aérobie
Caractéristiques			
Substrats utilisés	ATP et PCr	Glycogène - Glucose	Glucides - Lipides -Pr.
Délai d'intervention prépondérante	Nul	De 20 à 30 secondes	De 2 à 3 minutes
Puissance ou débit maximal d'énergie	Très élevée	Elevée	Dépend de VO ₂ max
Durée limite de maintien de la puissance	De 7 à 10 secondes	De 30 à 50 secondes	De 3 à 7 minutes
Capacité ou quantité totale d'énergie disponible	Très faible	Faible	Très élevée - dépend de l'Int. (%VO ₂ max)
Durée limite de maintien de la capacité	De 20 à 30 secondes	De 20 sec. à 2 min.	Théoriquement illimité - dépend de l'intensité
Produit final du catabolisme	ADP – AMP – Cr	Acide lactique	H ₂ O – CO ₂
Facteur limitant	Epuisement réserves	Diminution du pH	VO ₂ max et réserves
Durée de la récup après sollicitation maxi	Restitution ATP et PCr 6 à 8 minutes	Métabolisme lactate – 1h30	Restitution du glycogène >24heures

Capacité, Puissance et substrats des voies métaboliques

Aérobie

Glucides - Lipides - Protéines

Anaérobie lactique

Glycogène - Glucose

Anaérobie alactique

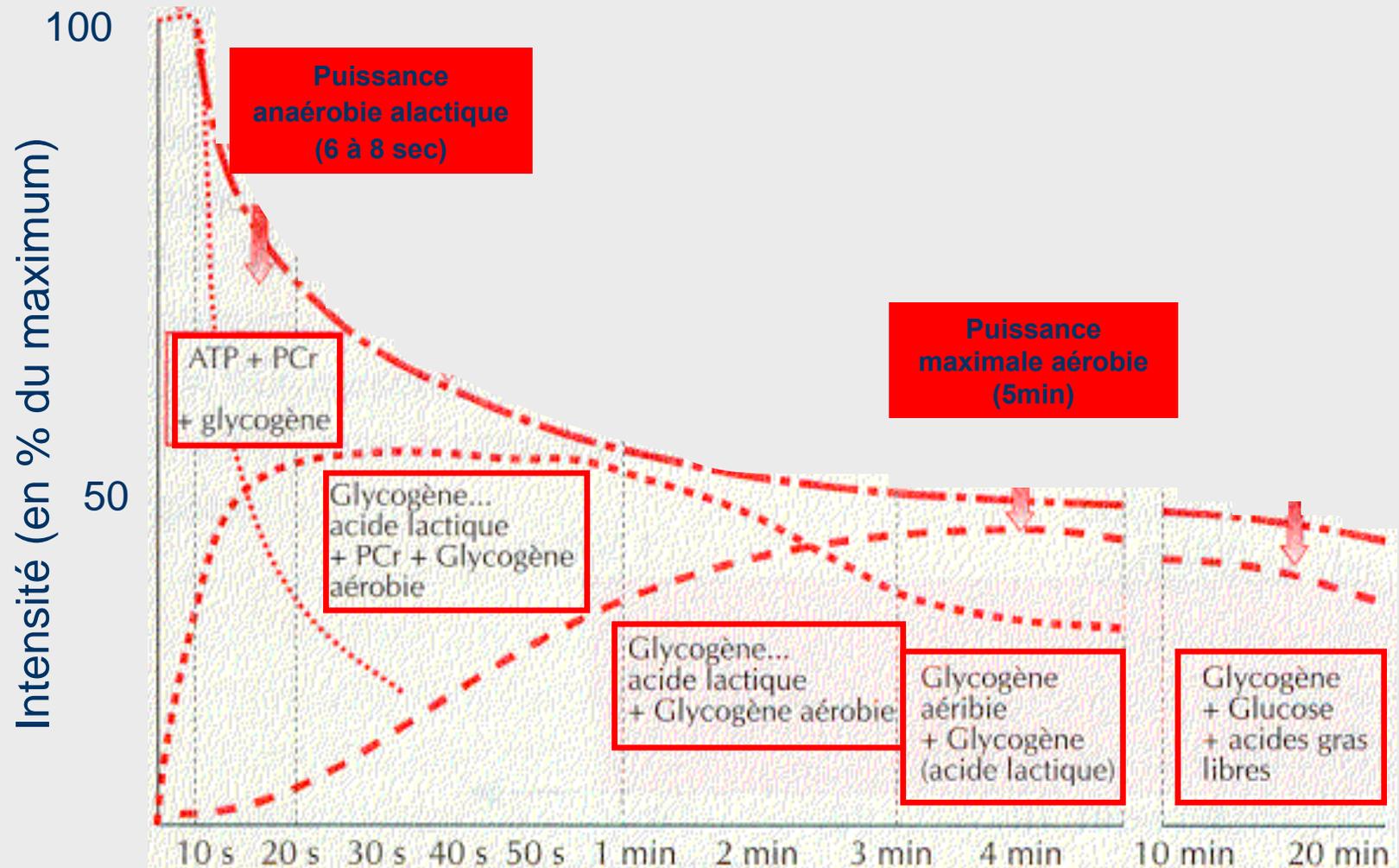
ATP et PCr



Energie sous forme d'ATP



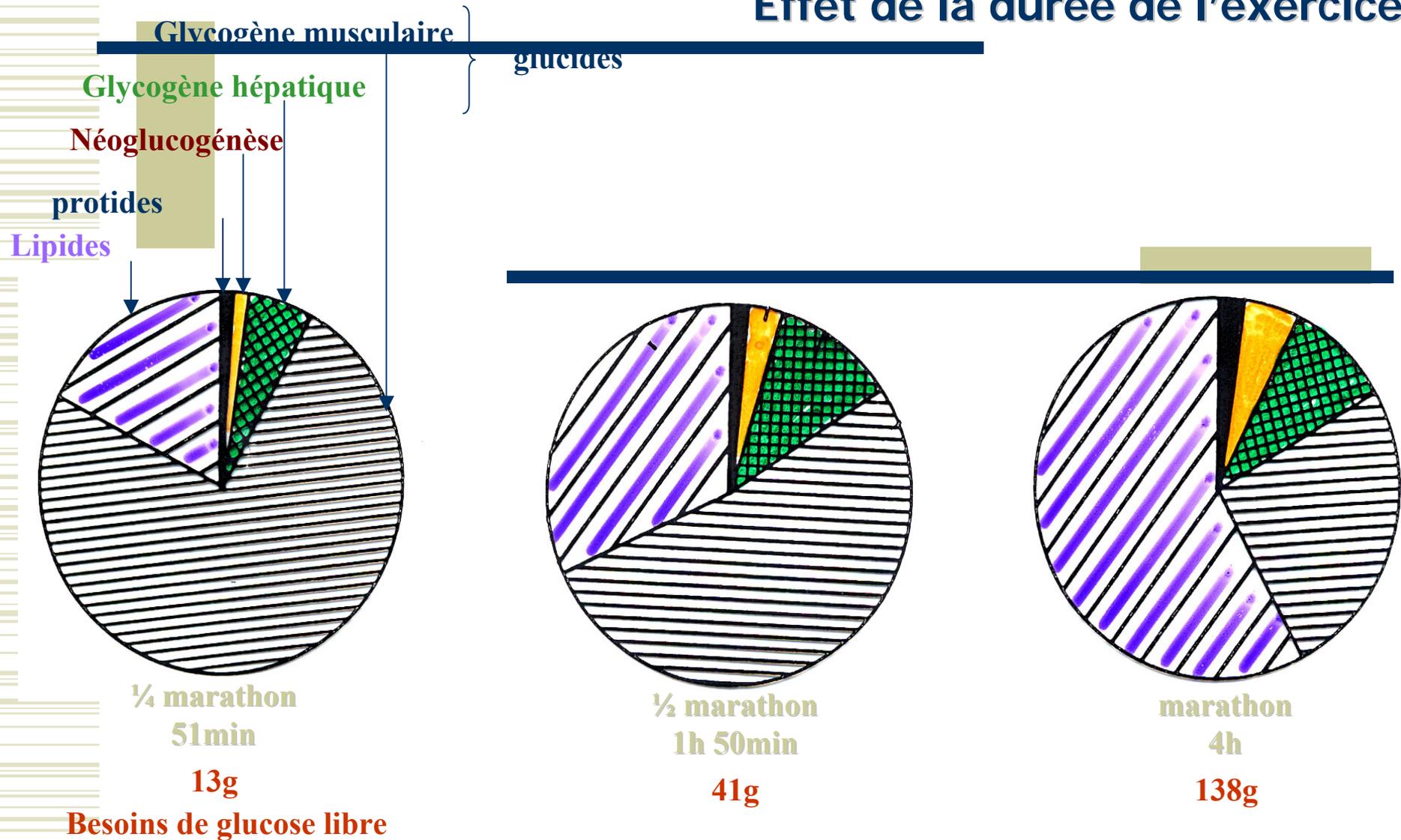
Contribution respective de chaque processus métabolique dans l'apport énergétique total au cours d'exercices d'intensité et de durée variables



<i>Temps de travail maximal (min)</i>	<i>Dépense énergétique (kJ)</i>			<i>Part des métabolismes (%)</i>	
	<i>anaérobie</i>	<i>aérobie</i>	<i>TOTAL</i>	<i>anaérobie</i>	<i>aérobie</i>
0,16	83	17	100	83	17
1	125	85	210	60	40
2	125	190	315	40	60
5	125	500	625	20	80
10	105	1 025	1 130	9	91
30	85	2 825	2 910	3	97
60	65	5 020	5 085	1	99

Participation des différents métabolismes énergétiques en valeurs absolues et en pourcentages, selon la durée de l'exercice (d'après Hermansen)

Effet de la durée de l'exercice



Pourcentage du glucose fourni par le foie à partir des réserves de glycogène hépatiques et à partir de la néoglucogénèse chez un même coureur sur trois distances de course pour lesquelles les besoins de glucose libre sont différents.

Aptitude Physique



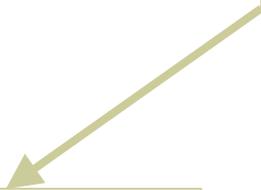
Voie physiologique



Zone d'intensité



Séances types



Exemple



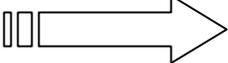
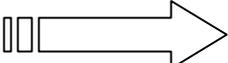
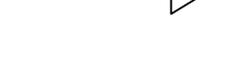
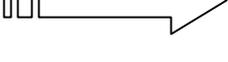
Exemple



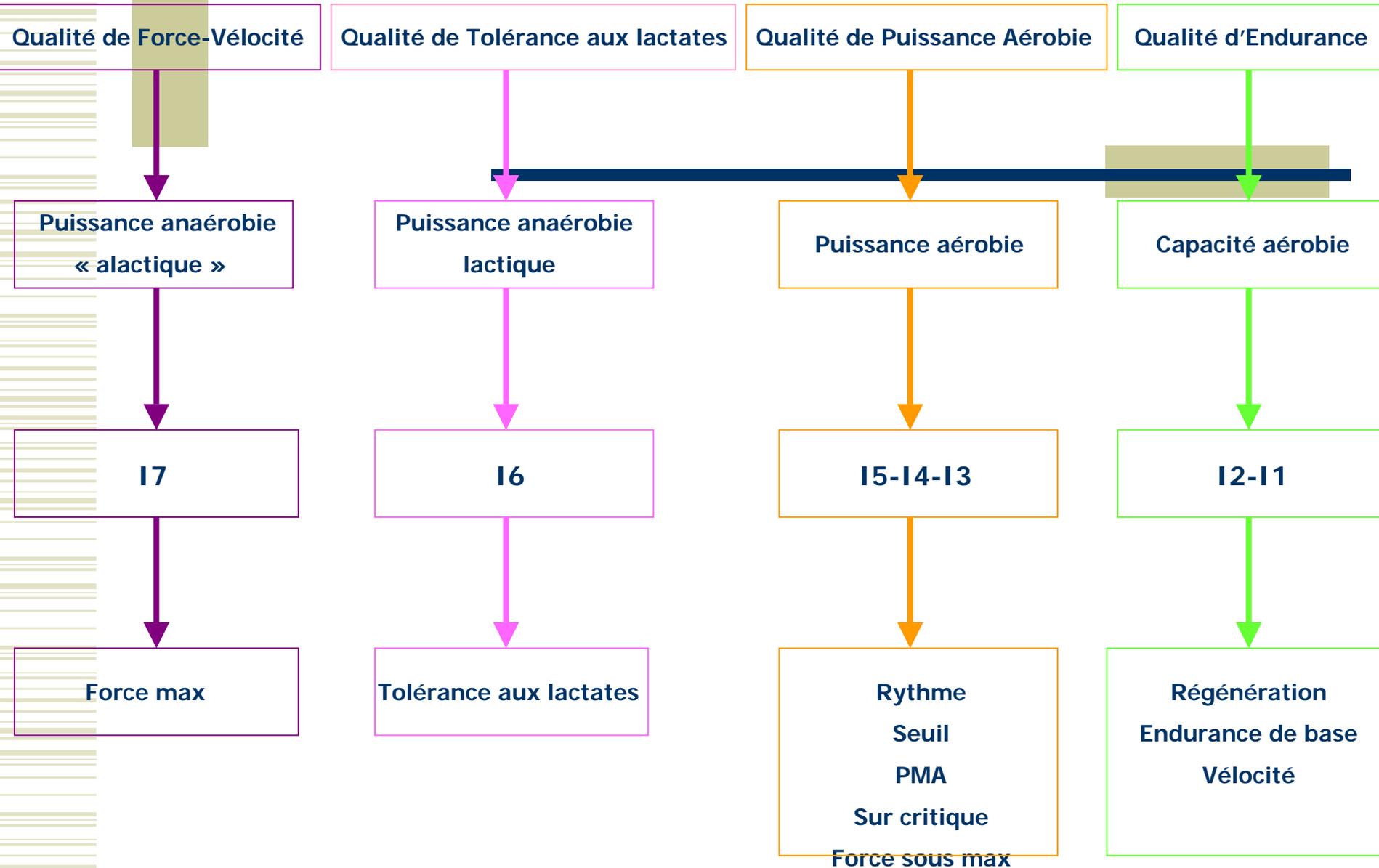
Exemple

Rappels des zones d'intensités de l'échelle d'ESIE

7 niveaux perceptifs d'intensités d'effort :

- | | | |
|---------------------------------|--|-------------------------|
| 1. Intensité légère (I1) |  | régénération |
| 2. Intensité moyenne (I2) |  | endurance de base |
| 3. Intensité soutenu (I3) |  | tempo peloton |
| 4. Intensité seuil (I4) |  | CLM _{20-60min} |
| 5. Intensité sur-critique (I5) |  | poursuite, prologue |
| 6. Intensité sous-maximale (I6) |  | long sprint, km sprint |
| 7. Intensité maximale (I7) |  | sprint court, démarrage |

Aptitudes physiques déterminant la performance en cyclisme :





Qualité de Force-Vélocité

Puissance anaérobie « alactique »

Propriétés mécaniques musculaires

Propriétés physiologiques musculaires

répartition fibres
lentes/rapides

recrutement +
synchronisation +
hypertrophie

système ATP-CP
(stock + vitesse de
dégradation)

Vélocité max + force max

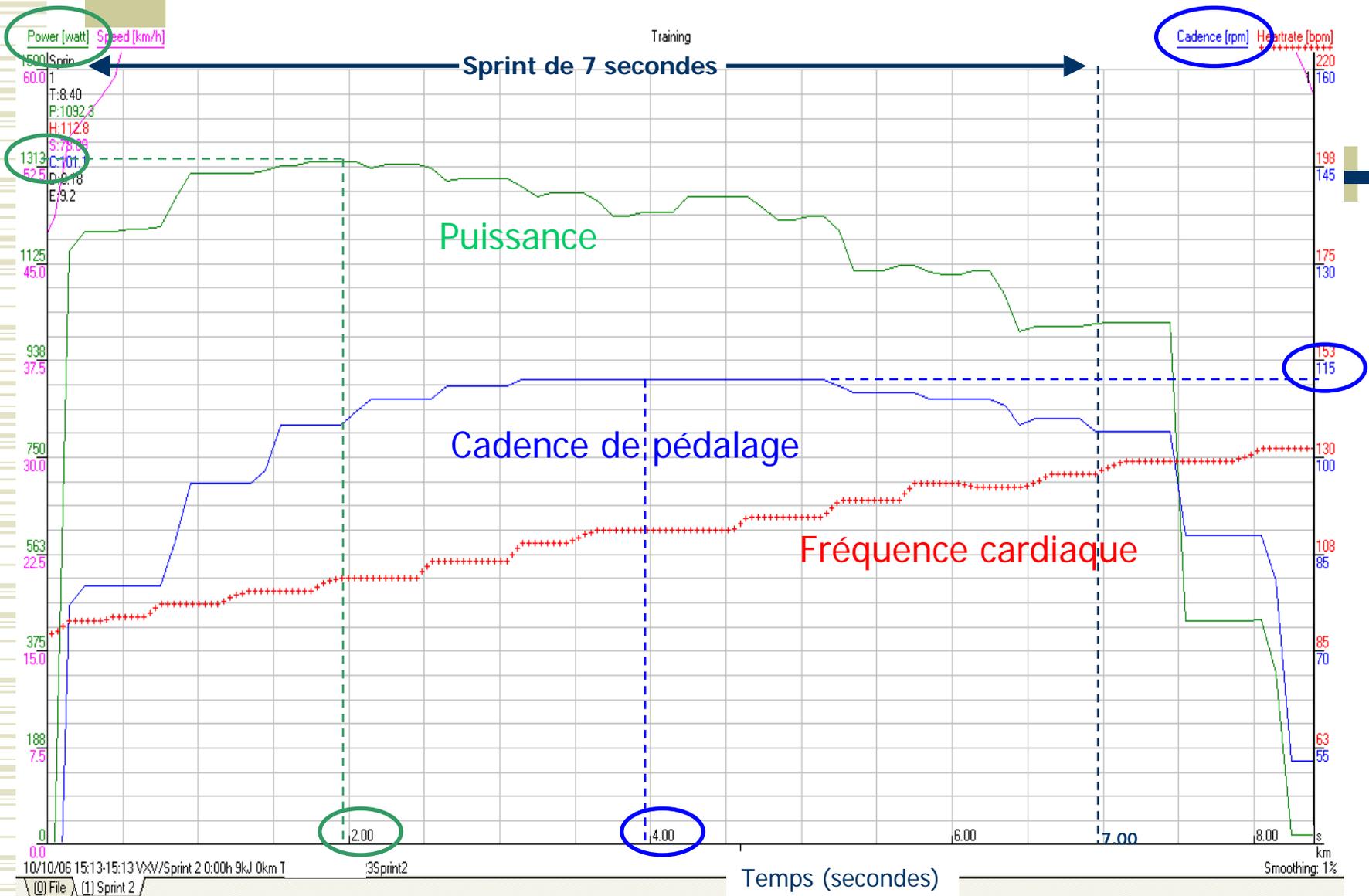
Capacité à développer une puissance élevée sur 7-8 sec

Qualité de Force-Vélocité

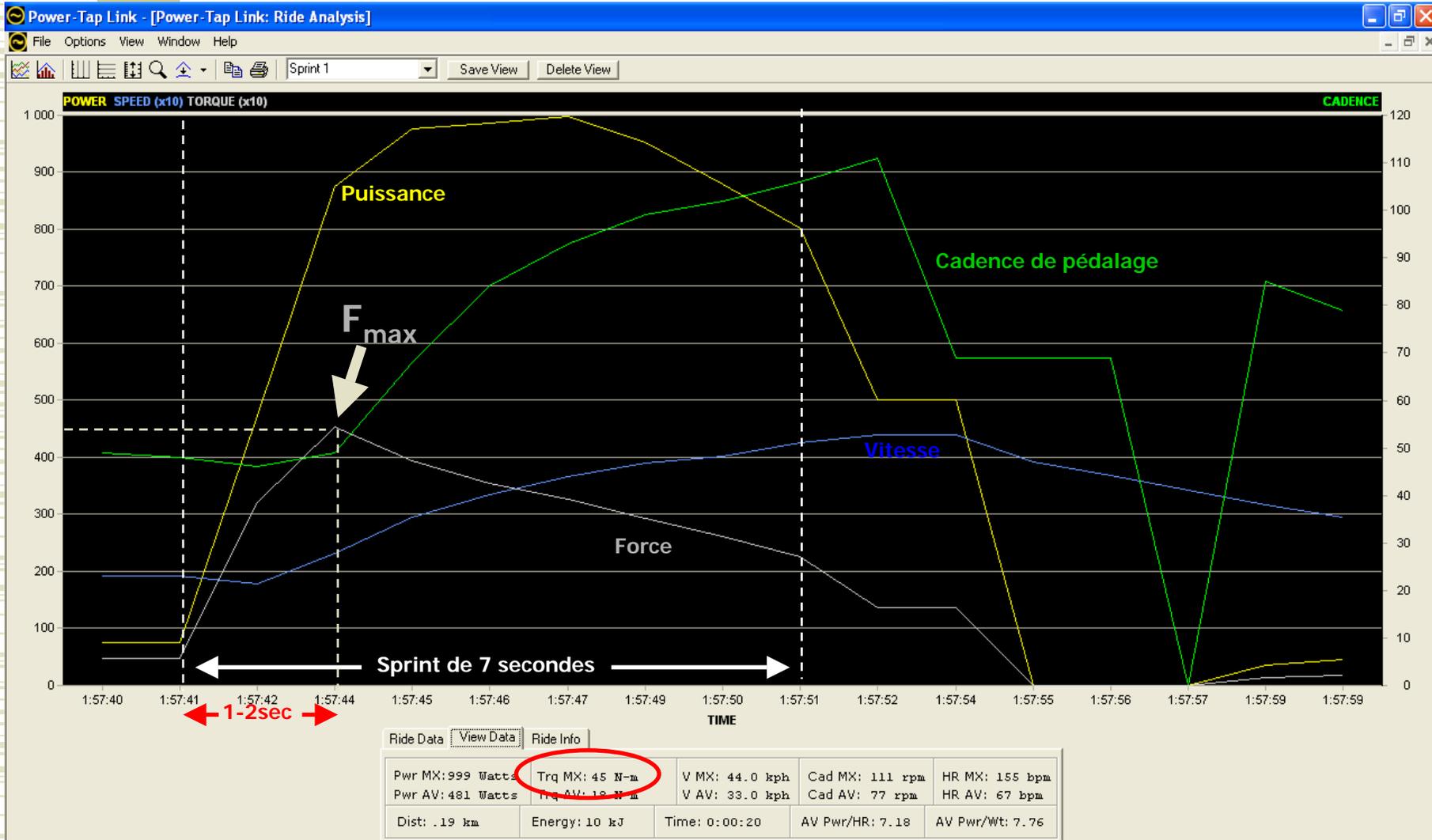
Intensité maximale (I7) :

- Sensations** : - pas de picotements musculaires pendant l'effort
- impression d'un exercice en apnée
- hyperventilation et picotements musculaires après l'effort
- conversation impossible
- %FC_{max}** : non significative
- %PMA** : 180-300%
- Temps limite** : jusqu'à 7 secondes
- Exemple** : sprint court, démarrage
- Séance type** : Force-max

Qualité de Force-Vélocité



Qualité de Force-Vélocité





Qualité de Tolérance aux Lactates

Puissance anaérobie lactique

dimension physiologique

dimension psychologique

Glycolyse anaérobie

Tolérance « mental » aux lactates

Capacité à développer une puissance élevée pendant environ 30-60sec

Qualité de Tolérance aux Lactates

Intensité sous-maximale (I6) :

Sensations : - douleur musculaire maximale pendant l'effort
- souffrance extrême durant l'exercice
- hyperventilation en fin d'exercice
- conversation impossible

%FC_{max} : non significative

%PMA : 140-180%

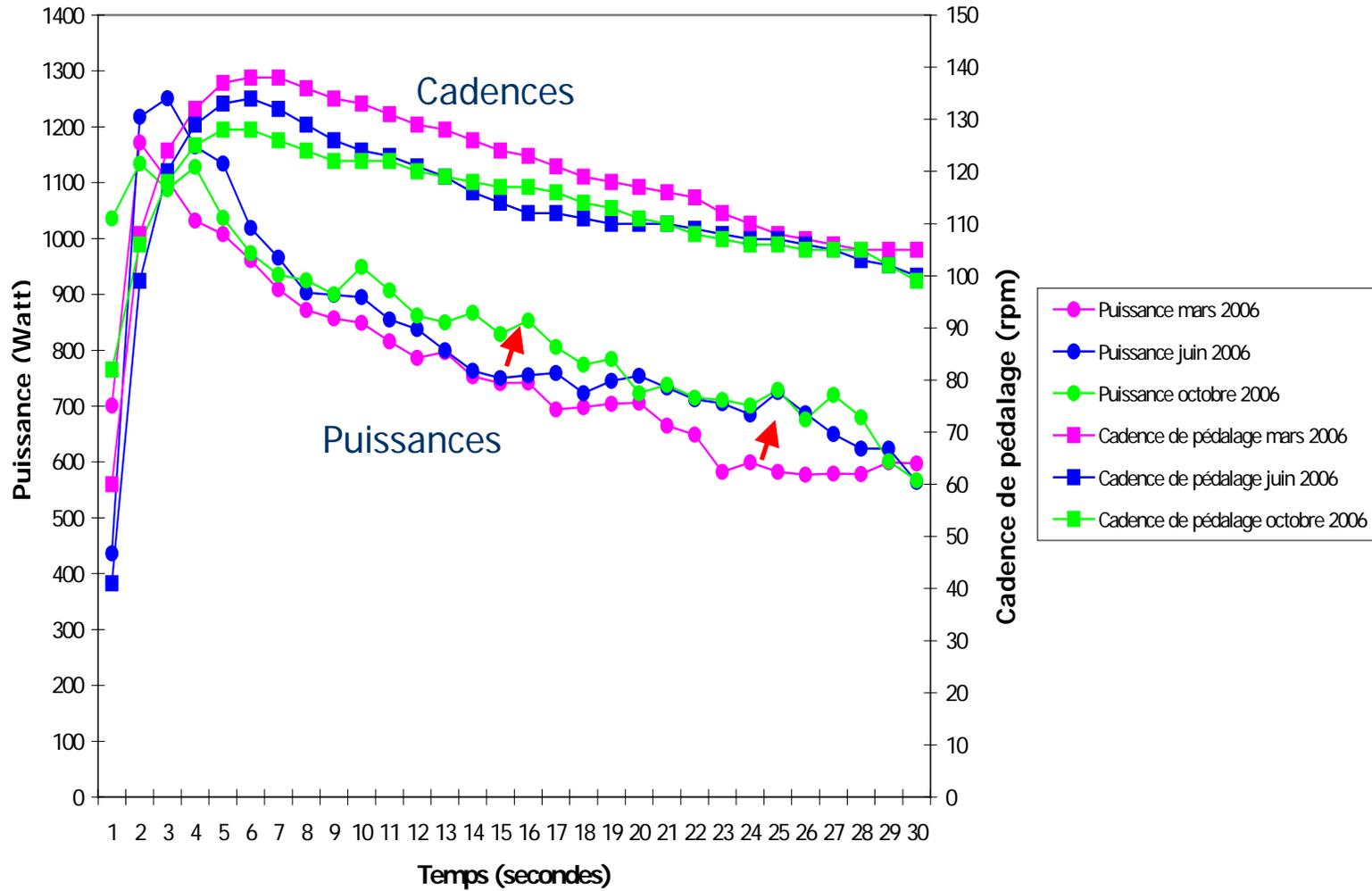
Temps limite : 30'' – 60''

Exemple : long sprint à bloc, km sprint sur piste

Séance type : Tolérance aux lactates

Qualité de Tolérance aux Lactates

Test Wingate-30sec





Quantité de Puissance Aerobie



Puissance aerobie

Glycogène

VO_{2max} /PMA

Seuil anaérobie

Capacité à développer une puissance élevée entre le seuil et la PMA

Qualité de Puissance Aérobique

Intensité sur-critique (I5) :

- Sensations** : - ↑ rapide de douleurs musculaires
- ↑ rapide de la ventilation vers un niveau maximale
- aucune contrainte sur l'intensité de l'exercice
- conversation très difficile
- %FC_{max}** : 96-100%
- %PMA** : 80-100%
- Temps limite** : 3 - 7'
- Exemple** : début d'échappé, poursuite sur piste, prologue
- Séance type** : PMA, Force sous max, Vitesse

Qualité de Puissance Aérobie

Intensité seuil (I4) :

Sensations : - ↑ progressive de la douleur musculaire
- ↑ progressive de la ventilation
- conversation difficile
- équilibre des lactates

%FC_{max} : 92-96%

%PMA : 75-80%

Temps limite : 20 - 60 minutes

Exemple : contre-la-montre de 20-60 min

Séance type : Seuil, Force sous max, Vitesse

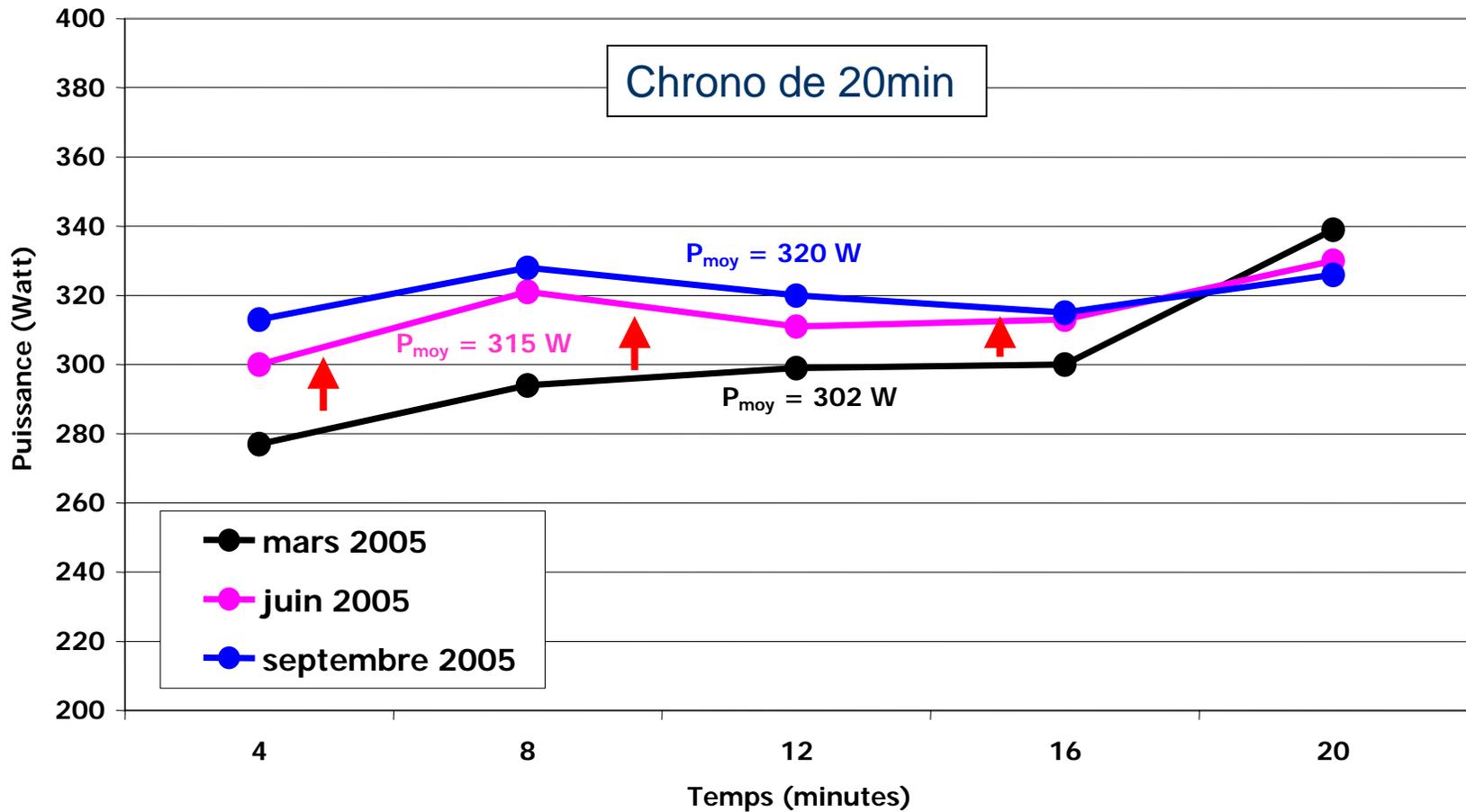
Qualité de Puissance Aérobie

Intensité soutenue (I3) :

- Sensations** : - débuts de légères douleurs musculaires
- maintien d'une intensité d'exercice importante
 - ↑ de la ventilation, mais stable et contrôlable
 - conversation pénible à tenir
- %FC_{max}** : 85-92%
- %PMA** : 65-75%
- Temps limite** : 1 - 2 heures
- Exemple** : exercice de rythme, tempo « au train » dans peloton ou échappé
- Séance type** : Rythme, Force sous max, Vélocité

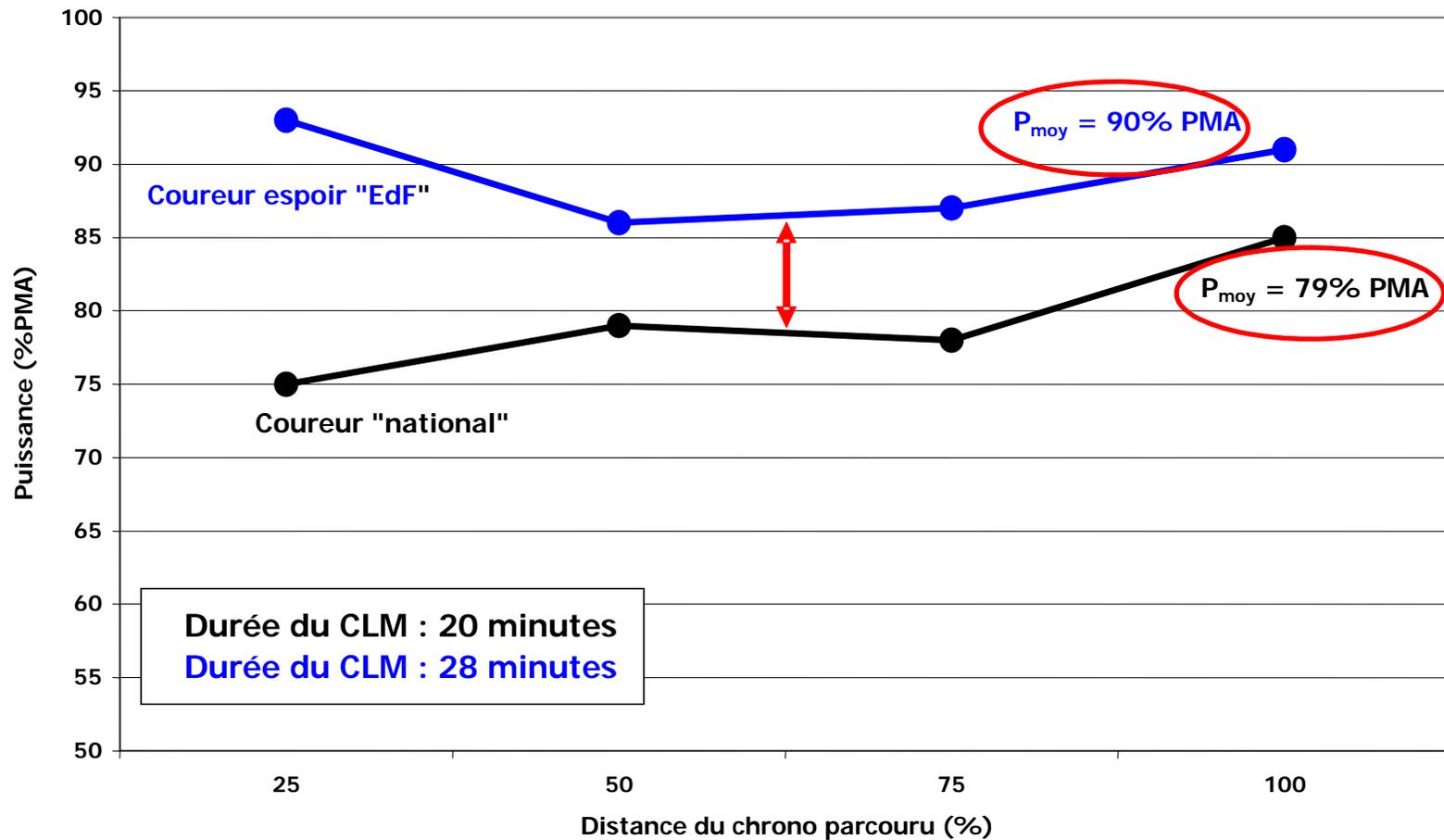
Qualité de Puissance Aérobique

Progression de la Puissance Aérobique d'un coureur catégorie national en 2005



Qualité de Puissance Aérobique

Différence en Puissance Aérobique entre coureur "national" et coureur "EdF"





Qualité d'Endurance

Capacité aérobie

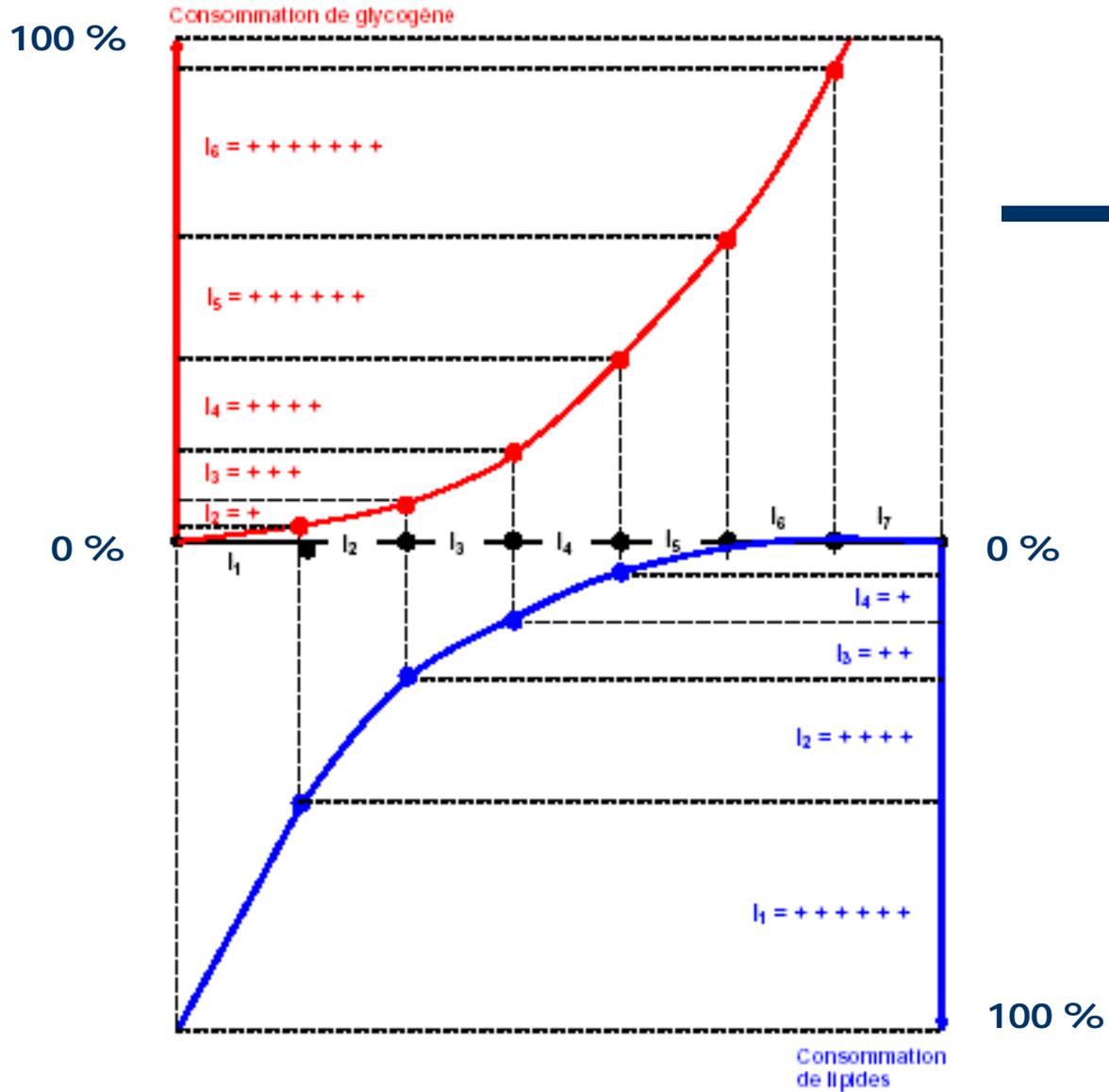
répartition fibres
lentes/rapides

recrutement fibres :
lentes/rapides

Oxydation des lipides

Capacité à pouvoir pédaler longtemps à puissance faible/moyenne

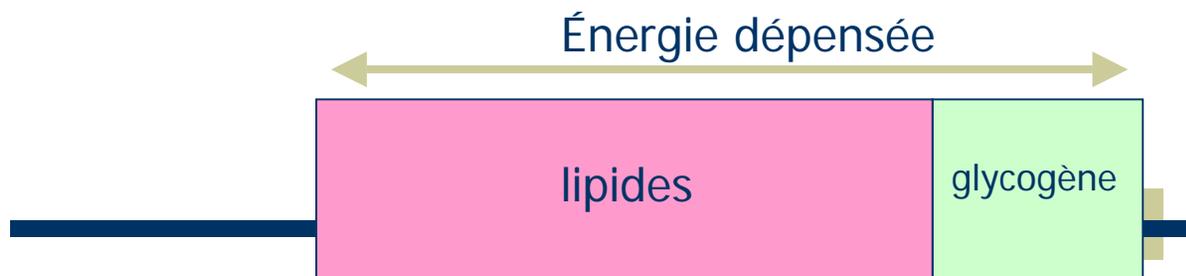
Consommation de glycogène et de lipides lorsque l'exercice est réalisé dans les différentes zones d'intensité de l'échelle d'ESIE



L'effet d'entraînement d'endurance sur l'utilisation des lipides et du glycogène



175 Watt



Endurance à I1 & I2

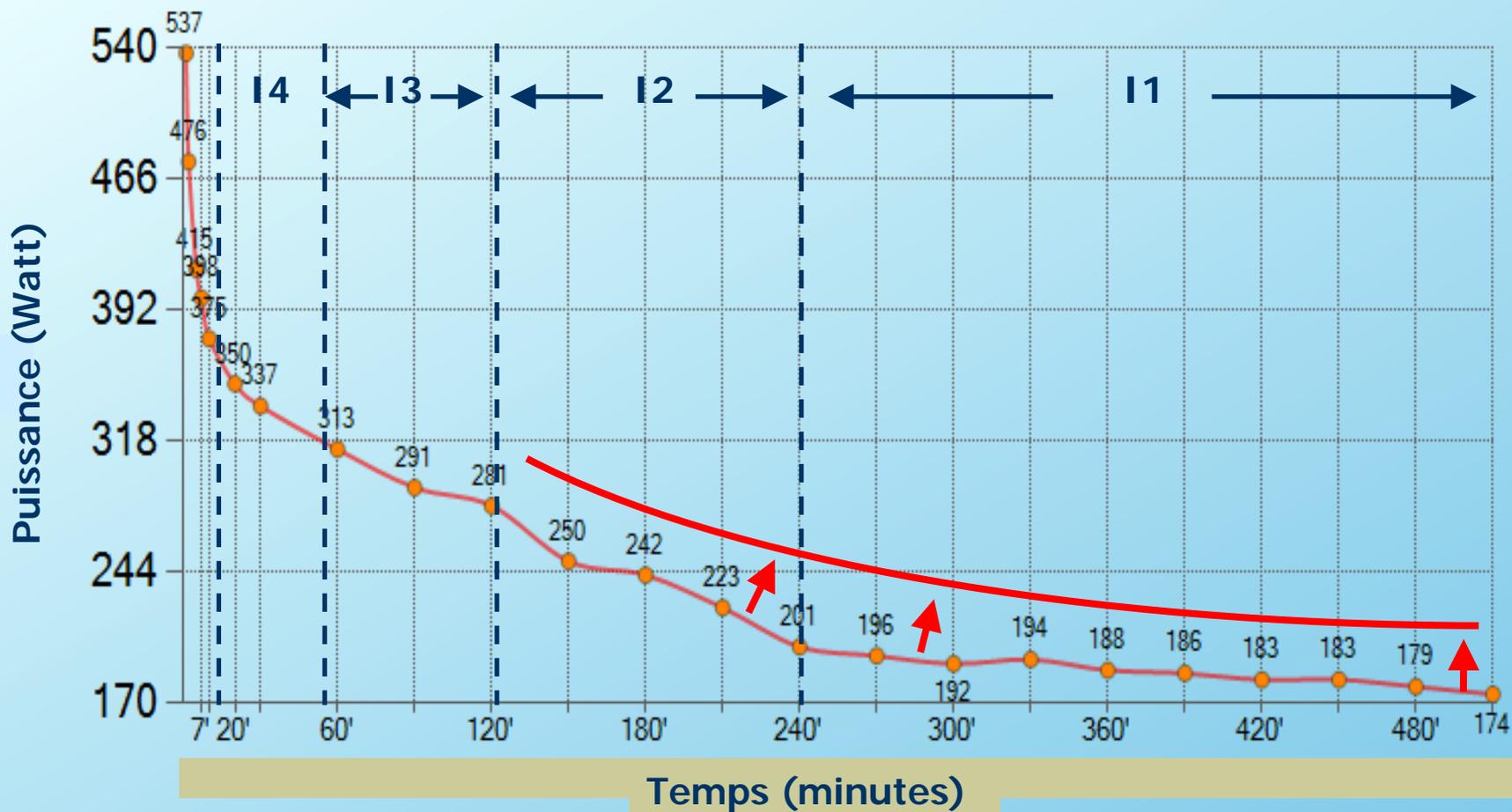


175 Watt



Qualité d'Endurance

Profil Complet Puissance regroupement



Qualité d'Endurance

Intensité moyenne (I2) :

- Sensations** : - aucune douleur musculaire
- maintien de l'intensité de l'exercice aisé
- conversation aisée
- %FC_{max}** : 75-85%
- %PMA** : 50-65%
- Temps limite** : 2-6 heures
- Exemple** : sortie endurance fondamentale
- Séance type** : Endurance de base, Endurance fondamentale

Qualité d'Endurance

Intensité légère (I1) :

- Sensations** : - aucune douleur musculaire
- pédalage en décontraction complète
- aucune contrainte sur l'intensité de l'exercice
- conversation très aisée
- %FC_{max}** : < 75%
- %PMA** : 40-50%
- Temps limite** : > 6h
- Exemple** : sortie régénération/décontraction le lendemain de la course ou après un voyage
- Séance type** : Régénération

ZONES	Intensité	Perceptions / sensations de l'exercice	Fréquence cardiaque	Puissance de travail	Temps limite	Pourquoi faire ?	Mots clés	Situations sportives	Exemples d'exercices
7	Maximale	Aucune douleur musculaire / membres inf. Impression d'un exercice en apnée A la fin de l'exercice, hyperventilation	Fréquence non significative	100% pic de la Puissance Max ou 300%PMA	4" à 7" (10")	Développer la force max Maintenir les capacités de vitesse gestuelle	Force vitesse, force explosive	sprint court, démarrage	- 10 x 60m DA - 5 x 100m DL
6	Sous Max	Souffrance extrême durant l'exercice proche de la nausée Conversation impossible	Fréquence non significative	65% de la Pan ou sup à 180% PMA	30" à 1'	Tolérance aux lactates	Résistance, force endurance	Km sur piste, sprint long (à bloc et long)	4 x 500m DA
5	Sur-Critique	↑↑ rapide de la douleur musculaire / membres inf. qui devient vite insupportable ↑↑ ventilation très rapide épuisement complet entre 5 et 10 min.	sup à 96 % FC max	aux alentours de 100 % de PMA	3' à 7'	Augmenter le seuil de tolérance à la douleur	Rythme sur compétition Survitesse	Départ course XC et CC, début d'échappée, prologue, poursuite sur piste...	travail intermittent : fractions d'effort de 20s à 2mn exemples : - 20 x (20" à 15 – 20" à 12) - 9 x (1' à 15 - 4' à 13)
4	Critique	↑ progressive de la douleur musculaires / membres inf. mais supportable ↑ progressive de V _E (V _E contrôlable) Conversation difficile épuisement important à partir de 20 min	92 à 96 % de FC max	75 à 80 % de PMA	20' à 1 H	Supporter les intensités élevées de la compétition (CLM, bosses, échappées..)	Rythme Travail au seuil	CLM, échappées, record de l'heure...	travail intermittent : fraction d'efforts de 1mn à 8 à 10' : exemples : - 4 x (8' à 14 - 5' à 12)
3	Soutenue	Début des douleurs Conversation pénible à tenir Epuisement sur 2 heures	85 à 92% de FC max	65 à 75 % de PMA	1 H à 2H	Maintenir sans problème le niveau d'intensité moyen de la course sur toute sa durée	Tempo travail ss max	Peloton ou groupe à rythme rapide.	- Progression seul, en groupe restreint ou derrière un deryn - temps d'effort continu ou intermittent de 30' à 2h : exemples : 45' à 13 (65% de PMA) ou 3 x (15' à 13 – 5' à 12)
2	moyenne	Aucune douleur musculaire / membres inf. - Maintien de l'intensité d'ex. aisé - Conversation aisée Fatigue à partir de 3-4 h	75 à 85% de FC max	50 à 65% de PMA	inf à 5H	Maintenir plusieurs heures d'effort à intensité moyenne. Récupérer (élimination déchets)	Endurance -Récup. active	grandes sorties ou récupération active	- 1h à 2h en récupération - jusqu'à l'obtention des premiers signes de fatigue: en groupe : tps entraînement = tps course seul : tps entraînement = tps course moins 30' à 1h. - effort en continu
1	Légère	Aucune douleur musculaire - Pédalage en décontraction complète - - Conversation très aisée - Fatigue sur plusieurs heures	inf à 75 % de FC max	inf à 50 % de PMA	n x H	Maintenir de nombreuses heures d'effort à intensité légère ou décontraction phys. et psycho.	Dérouler, décontract., régénération.	Grandes randonnées route et VTT, brevets routiers FFCT longues distances (500 – 1000 Km) ou ballades	travail en continu sur courte (régénération) ou grande distance

Exemples de séances d'Endurance :

◆ Endurance – Vélocité

Vélocité sur circuit vallonné : 3h à 12 en travaillant la vélocité en bosse à 90 rpm ou 70 + vitesse de déplacement

Variantes : * dans les bosses, alterner 2' à 90 rpm avec 2' à 70 rpm

* alterner 2' à 90 rpm assis et 2' à 70 rpm debout

* travail dans bosse à faible % puis > à 7%

* monter la bosse en 42/14 puis monter 1 dent toutes les minutes en maintenant la même vitesse

* portions de côtes assis petit braquet en accélération progressive (ne pas sprinter) : quand on n'accélère plus, on récupère, et on recommence quand le souffle est calmé. Idem en danseuse.

Vélocité sur circuit plat : 3h à 12-3 en travaillant la vélocité : 4 x 5' puis 2 x 10' puis 2 x 20' à 70 – 80 + vitesse de déplacement

Variantes : * en groupe en passant des relais

* par 2 : un coureur devant avec grand plateau et le coureur derrière avec petit plateau ou rouler petit braquet à l'abri d'un groupe qui roule vite ou scooter

* sprints pancarte petit braquet

...

♦ Endurance – Force-max

Force max (4h) : I2 sur circuit vallonné avec 4 séries de 5 x [1 accél. Max à I7 avec départ semi "arrêté" + 2' (I1 en vélocité)]

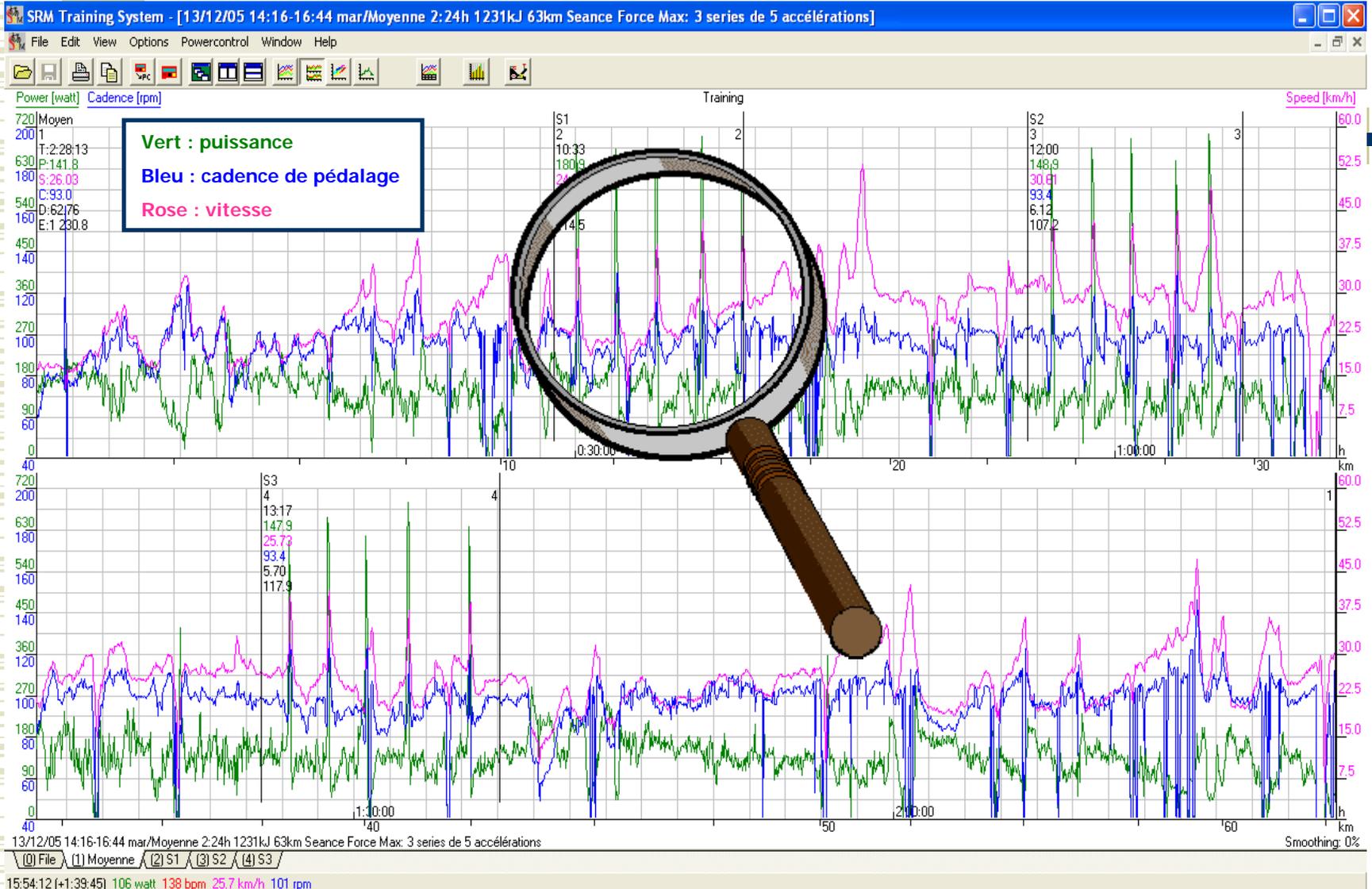
Variantes : * sprints pancarte gros braquet

- Endurance – Travail technico - tactique :

Endurance sur circuit vallonné : 4h15 à I2 en travaillant la danseuse en bosse [alterner 2' en danseuse avec 2' assis]

Exemple séance Endurance - Force max :

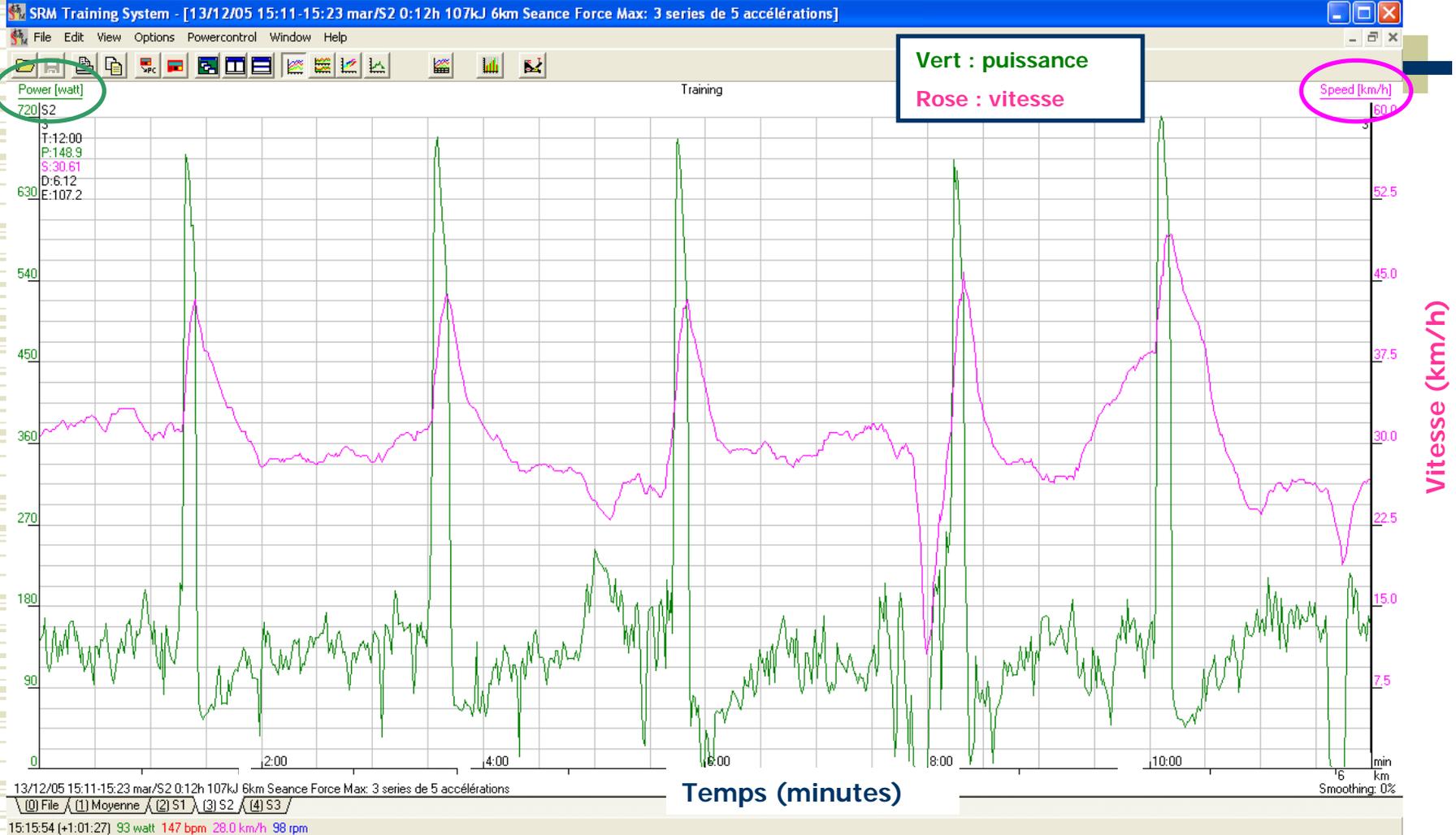
2h30 à I2 avec 3 séries de 5 x [1 accél. Max à I7 + 2' (I1-100 rpm)]

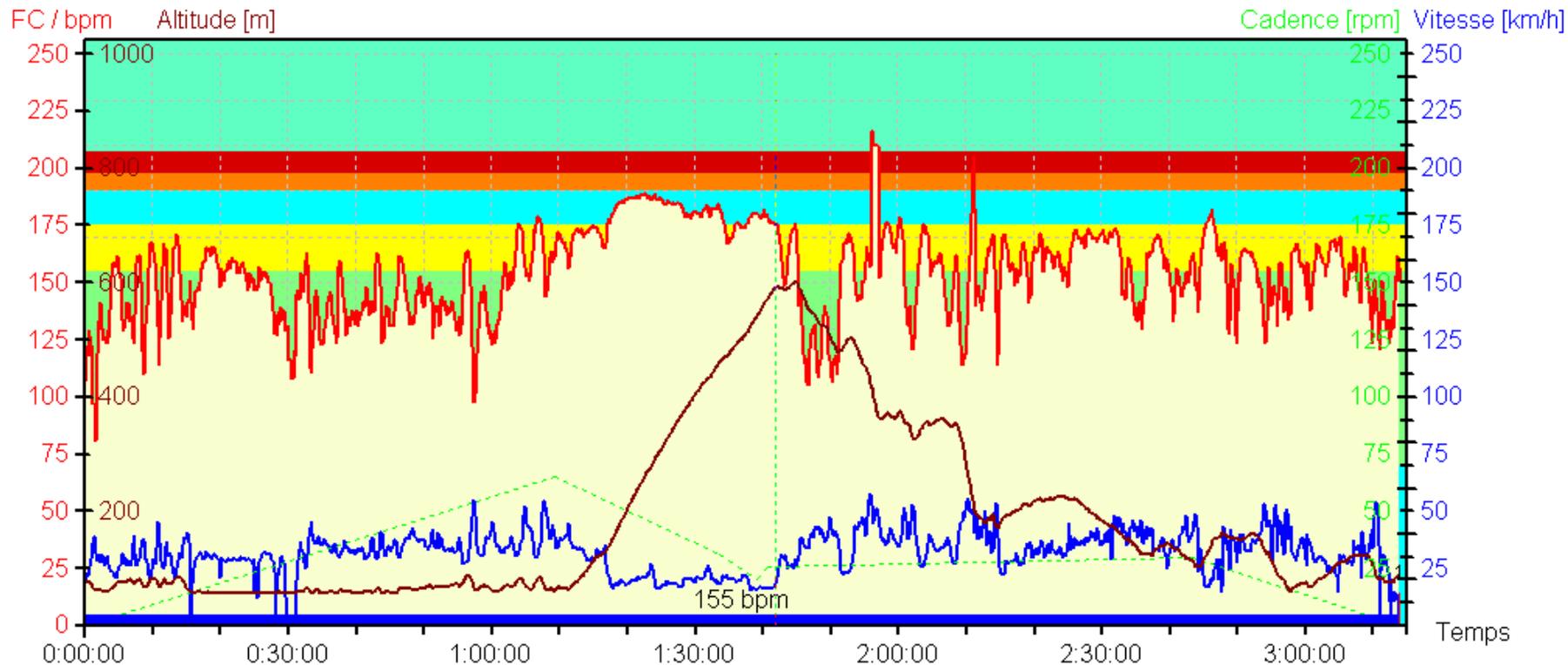


Exemple séance Endurance - Force max :

2h30 à 12 avec 3 séries de 5 x [1 accél. Max à 17 + 2' (11-100 rpm)]

Exemple d'une série :



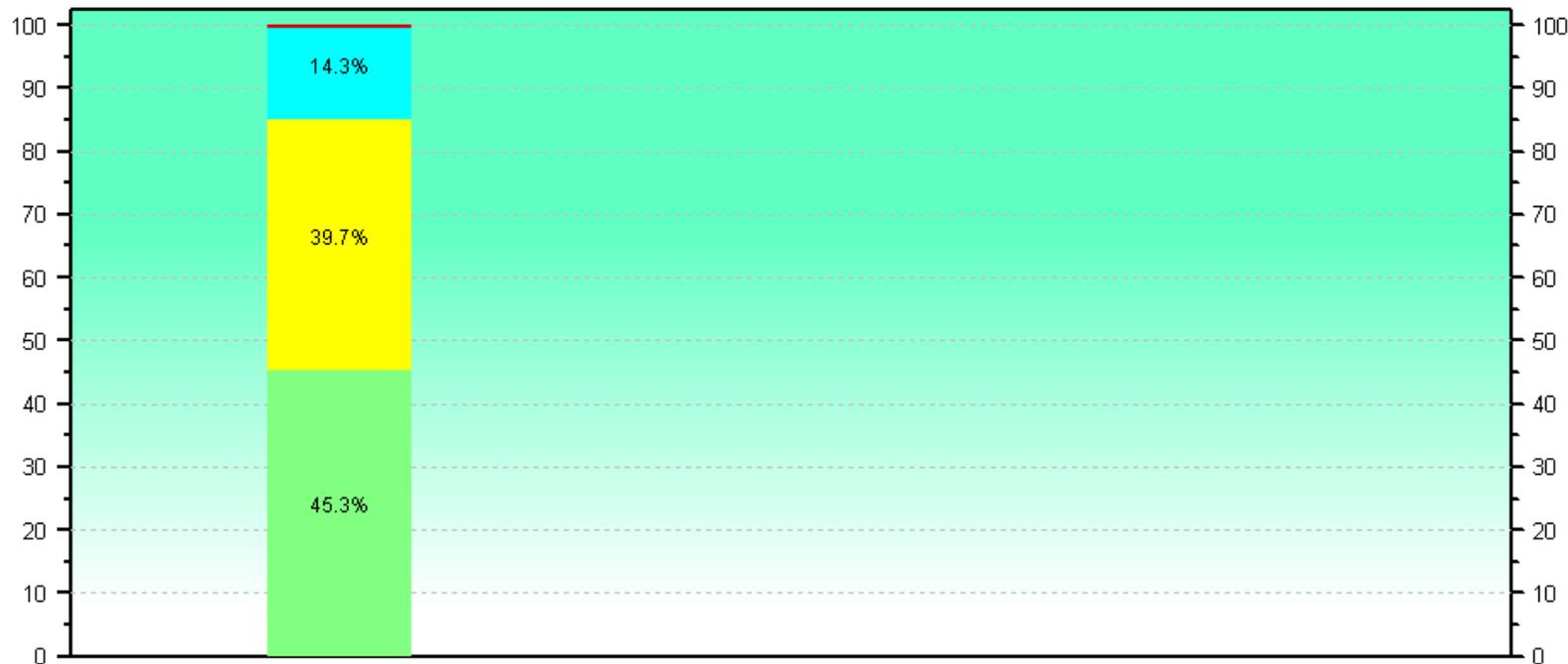


Temps : 1:41:55
 FC: 176 bpm
 Vitesse: 17.6 km/h
 Distance: 49.4 km
 Cadence: 0 rpm
 Altitude: 590 m
 Montée: 690 m

Personne	Magalie Finot	Date		FC	—	155 / 216	
Exercice	06021701	Heure	00:00:00	Vitesse	—	32.4 / 58.0	
Sport	Course à pied	Durée	3:14:00.0	Cadence	—	34 / 65	
Equipe	Equipe Polar	Distance	103.8 km				
Note				Montée		1035	
				Sélection		0:00:00 - 3:14:00 (3:14:00.0)	

pourcentage de temps (%)

Total



5 (198 - 207 bpm)	0:01:15	0.6%	0 - 69 bpm
4 (190 - 197 bpm)	0:00:05	0.0%	
3 (175 - 189 bpm)	0:27:40	14.3%	
2 (155 - 174 bpm)	1:17:05	39.7%	
1 (70 - 154 bpm)	1:27:55	45.3%	

TEMPS TOTAL:

3:14:00 100.0%

Personne	Magalie Finot	Date		FC	155 / 216		
Exercice	06021701	Heure	00:00:00	Vitesse	32.4 / 58.0		
Sport	Course à pied	Durée	3:14:00.0	Distance	103.8 km		
Note				Sélection	0:00:00 - 3:14:00 (3:14:00.0)		



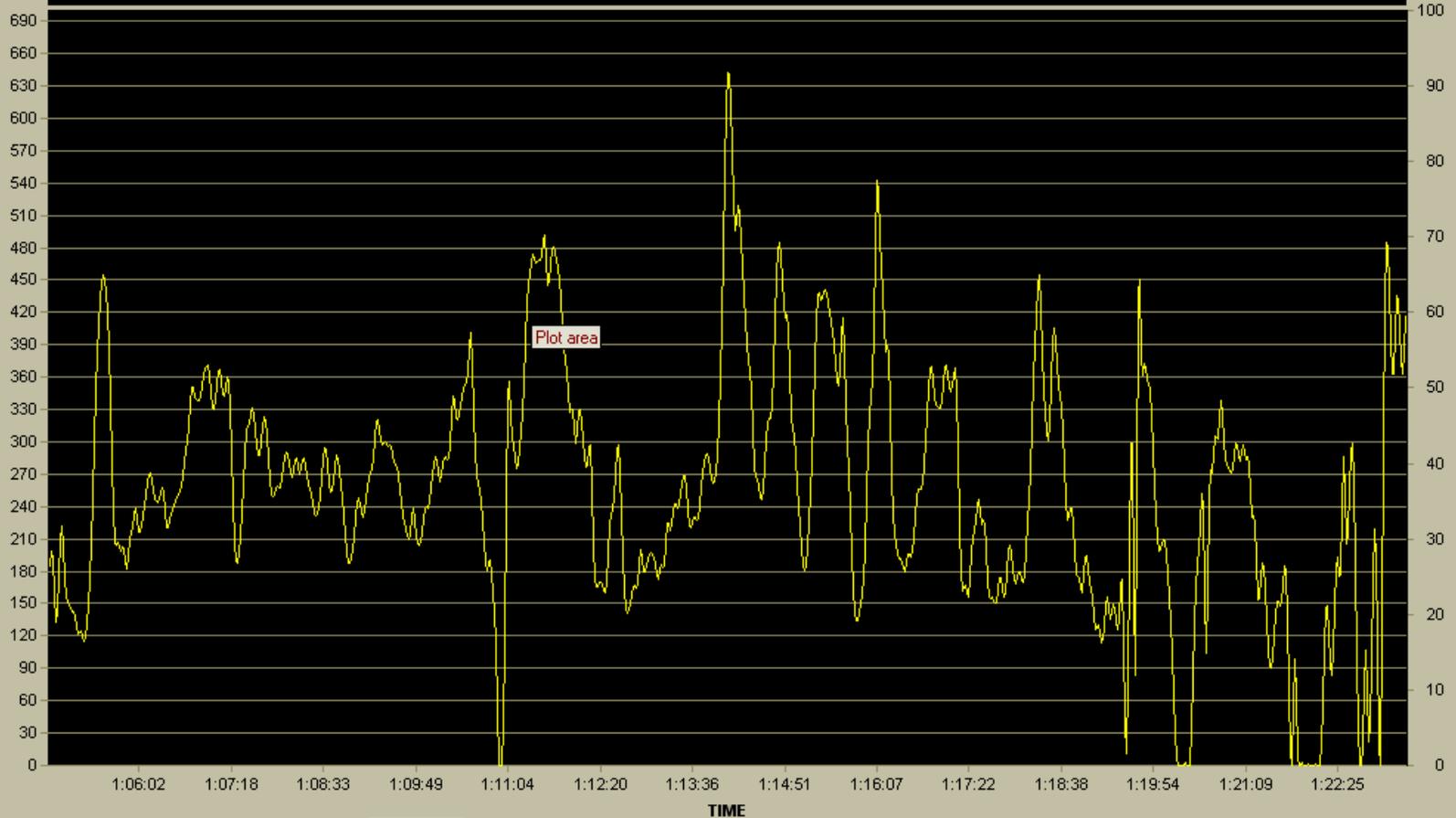
Ride Data	View Data	Ride Info			
Pwr MX: 1136 Watts	Trq MX: 47 N-m	V MX: 60.4 kph	Cad MX: 141 rpm	HR MX: 254 bpm	
Pwr AV: 182 Watts	Trq AV: 8 N-m	V AV: 29.7 kph	Cad AV: 80 rpm	HR AV: 8 bpm	
Dist: 89.51 km	Energy: 1971 kJ	Time: 3:00:47	AV Pwr/HR: 22.75	AV Pwr/Wt: 2.68	

Power-Tap Link - [Power-Tap Link: Ride Analysis]

File Options View Window Help

New View 1 Save View Delete View

POWER



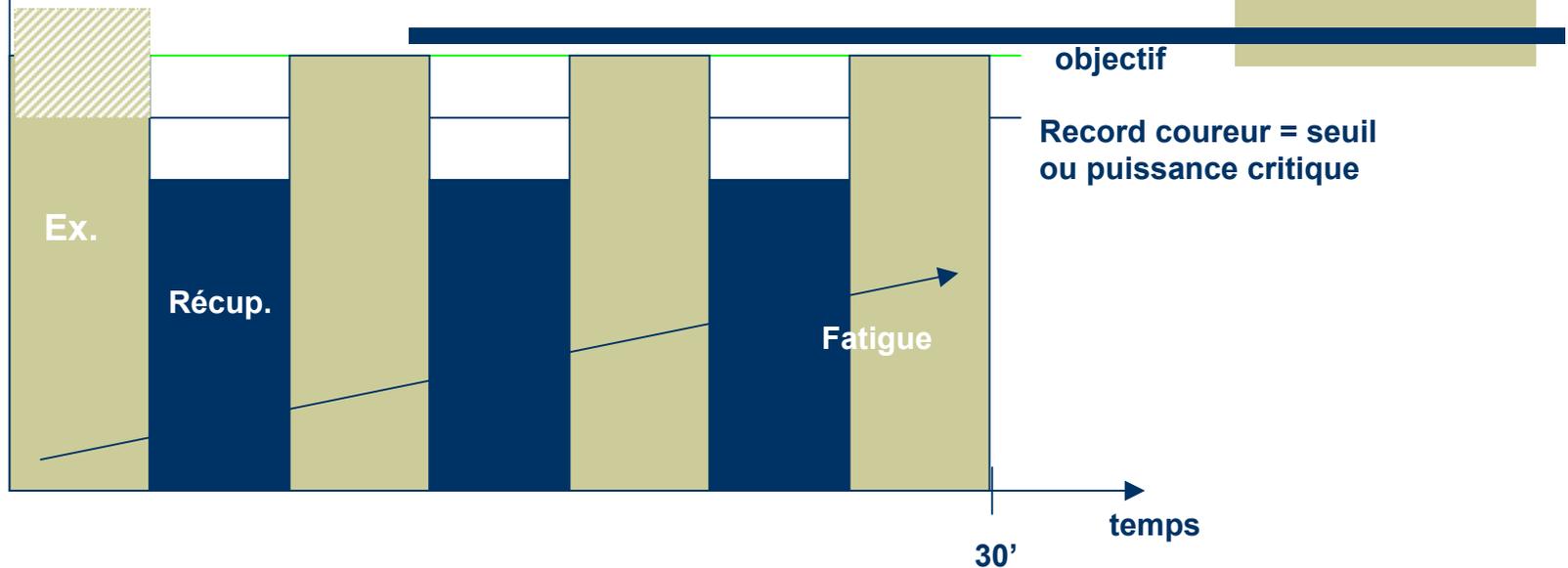
Ride Data		View Data		Ride Info	
Pwr MX: 684 Watts	Trq MX: 47 N-m	V MX: 42.0 kph	Cad MX: 141 rpm	HR MX: 67 bpm	
Pwr AV: 255 Watts	Trq AV: 10 N-m	V AV: 32.2 kph	Cad AV: 81 rpm	HR AV: 1 bpm	
Dist: 9.97 km	Energy: 284 kJ	Time: 0:18:34	AV Pwr/HR: 255.0	AV Pwr/Wt: 3.75	

Illustration : l'entraînement de la puissance aérobie (I3 – I4 – I5) par intervalles de travail et de récupération

vitesse

42 km/h

40 km/h



Les variables pour développer la puissance aérobie et PMA:

- La durée de la période d'exercice : de 20 sec (int. courts) à 10 - 20mn (int. longs)
- La durée de la période de récupération : de 20 sec à 10mn (= ou < au temps de travail)
- L'intensité de la période d'exercice : sup. ou égale au seuil
- L'intensité de la période de récupération : inf. au seuil

Qualité de Puissance Aérobie

Séance type : PMA (I5)

- ◆ **Objectif :**
 - ↑ la puissance du métabolisme aérobie
 - ↑ la puissance au seuil anaérobie
- ◆ **Quand? :**
 - en période de préparation d'objectif
 - sur un organisme non sur-entraîné
 - après avoir suffisamment développé l'endurance de base
- ◆ **Intensité :** I5
- ◆ **Durée :** 1h - 2h
- ◆ **Spécificité :**
 - travail en intervalle (20s – 3')
 - travail en force ou en vélocité
 - seul, en groupe ou derrière d'entraînement
- ◆ **Récupération :** 12h - 30h

Qualité de Puissance Aérobie

Séance type : Seuil (I4)

- ◆ **Objectif :** - ↑ la puissance au seuil anaérobie
- ◆ **Quand? :** - en période de préparation d'objectif
- sur un organisme non sur-entraîné
- après avoir suffisamment développé l'endurance de base
- ◆ **Intensité :** I4
- ◆ **Durée :** 1h - 2h
- ◆ **Spécificité :** - travail en interval (1' – 15')
- travail en force ou en vélocité ou en puissance
- seul, en groupe ou derrière d'entraînement
- ◆ **Récupération :** 6h - 12h

Qualité de Puissance Aérobie

Séance type : Rythme (I3)

- ◆ **Objectif :**
 - pouvoir suivre le rythme de la course
 - maintenir l'excitabilité de l'organisme lors d'une période d'affûtage
- ◆ **Quand? :**
 - en période pré-compétitive
 - pendant une période d'affûtage
- ◆ **Intensité :** I3
- ◆ **Durée :** 1h - 2h
- ◆ **Spécificité :**
 - travail en interval (15 - 30') ou en continu (45')
 - travail en force ou en vélocité ou en puissance
 - seul, en groupe ou derrière derny
- ◆ **Récupération :** 6h - 12h

Bibliographie

- ◆ « cyclisme et optimisation de la performance » de F.Grappe
édition de boeck
- ◆ « Développement des aptitudes physiques en cyclisme :
présentation de méthode et de séances d'entraînement » de
V. Villénius 2^{ème} séminaire fédéral des entraîneurs FFC
Chatenay-Malabray, jeudi 16 novembre 2006
- ◆ « BF3 métabolisme et nutrition » M.Bouget